

# Device for the contactless measurement of zero point, position and angle of rotation

**Publication number:** DE4317512  
**Publication date:** 1994-12-01  
**Inventor:** ANDRAE WULF DR (DE); KLEIN THOMAS (DE)  
**Applicant:** UNIV SCHILLER JENA (DE)  
**Classification:**  
**- International:** G01B7/00; G01B7/004; G01R33/09; G01B7/00;  
G01B7/004; G01R33/06; (IPC1-7): G01B7/00;  
G01B7/03; G01B7/30; G01R33/06  
**- European:** G01B7/00C; G01B7/004; G01R33/09  
**Application number:** DE19934317512 19930526  
**Priority number(s):** DE19934317512 19930526

**Report a data error here**

## Abstract of DE4317512

The invention relates to a device for contactless measurement of zero point, position and angle of rotation and consists of a substrate (1), which has MR (magnetoresistive) sensors (3), which are distributed in two dimensions and are preferably connected to an evaluation circuit (5) on the substrate (1), and which have a position indicator (4) which is arranged above the sensor surface (X-Y plane). The invention is characterised in that four MR stripline conductors (3) form a wheatstone bridge, two MR stripline conductors (3) respectively forming a half bridge, and these two MR stripline conductors (3) are situated symmetrically relative to an axis and with their longitudinal sides closely parallel to one another. The at least two half bridges are situated at 180 degrees opposite one another at the same distance from a centre (origin of coordinates of the X-Y coordinate system).

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 17 512 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 B 7/00  
G 01 B 7/30  
G 01 R 33/06  
G 01 B 7/03

⑳ Aktenzeichen: P 43 17 512.0  
㉔ Anmeldetag: 26. 5. 93  
㉕ Offenlegungstag: 1. 12. 94

DE 43 17 512 A 1

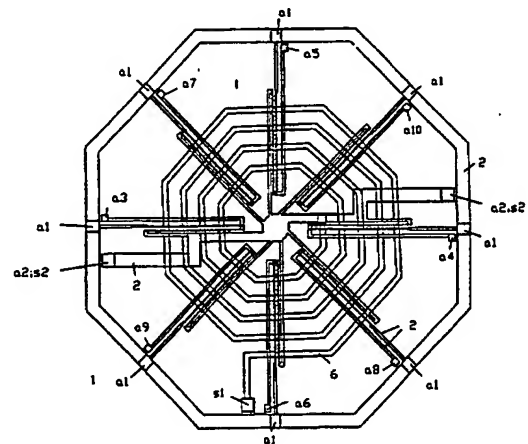
㉚ Anmelder:  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena, DE

㉚ Erfinder:  
Andrä, Wulf, Dr., O-6900 Jena, DE; Klein, Thomas,  
O-6900 Jena, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zur berührungslosen Nullpunkt-, Positions- und Drehwinkelmessung

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur berührungslosen Nullpunkt-, Positions- und Drehwinkelmessung, bestehend aus einem Substrat (1) mit flächig verteilten MR-(magnetoresistiven) Sensoren (3), die vorzugsweise mit einer Auswerteschaltung (5) auf dem Substrat (1) verbunden sind und mit einem Positionsindikator (4), der über der Sensorfläche (X-Y-Ebene) angeordnet ist. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß vier MR-Streifenleiter (3) eine Wheatstone-Brücke bilden, wobei zwei MR-Streifenleiter (3) jeweils eine Halbbrücke bilden, und diese zwei MR-Streifenleiter (3) mit ihren Längsseiten eng parallel aneinander, symmetrisch zu einer Achse liegen: Die mindestens zwei Halbbrücken liegen um 180 Grad in einem gleichen Abstand zu einem Zentrum (Koordinatenursprung des X-Y-Koordinatensystems) gegenüber.



DE 43 17 512 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur berührungslosen Nullpunkt-, Positions- und Drehwinkelmessung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Es sind magnetoresistive Streifenleiter bekannt, die eine betrags- und richtungsmäßige Messung von Magnetfeldern ermöglichen (DD-PS 2 56 628). Vier Streifenleiter sind zu einer Wheatstone-Brücke verbunden. Infolge der Symmetrie der Anordnung der Streifenleiter werden induktive und kapazitive Störeinflüsse kompensiert. Der Sensor wird üblicherweise mit einer Auswerteschaltung betrieben. Vorteilhaft wird die Auswerteschaltung integriert, die mit üblichen Dünnschicht- oder Mikroelektronik-Technologien herstellbar ist. Die integrierte Schaltung kann im wesentlichen einen Multiplexer und einen AD-Wandler beinhalten.

Mit Hilfe dieser Sensoren ist eine Messung des Magnetfeldes nach Betrag und Richtung in einer Position möglich.

In EP-OS 0 283 687 wird eine Positionsmeßvorrichtung beschrieben, bei der flächig verteilte magnetoresistive Sensoren die Lage eines Positionsindikators im Raum bestimmen.

Jeweils vier magnetoresistive Sensoren sind an den Eckpunkten von vier in der Fläche liegenden Vierecken flächig verteilt angeordnet. Die einzelnen magnetoresistiven Sensoren sind auf der Detektionsvorrichtung elektrisch voneinander getrennt.

Durch eine Absolutauswertung der von den einzelnen Sensoren aufgenommenen Signale in einer Auswerteinrichtung wird die Position des bewegbaren Teils, dessen Position bestimmt werden soll in X-, Y- und Z-Richtung bestimmt. Zur Messung muß zwischen den einzelnen Sensoren interpoliert werden. Der Detektor ist nicht als Nullpunktsensor vorgesehen.

Die Erfindung soll das Problem lösen, hochgenau eine Positionsmessung, insbesondere eine Nullpunktmessung, eines Objektes zu liefern, die von störenden Umwelteinflüssen unabhängig ist.

Das Problem wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Vier MR-Streifenleiter bilden eine Wheatstone-Brücke, wobei zwei MR-Streifenleiter, die mit ihren Längsseiten eng parallel aneinander angeordnet sind, jeweils eine Halbbrücke bilden und symmetrisch zu einer Achse liegen. Die mindestens zwei Halbbrücken liegen um 180 Grad in einem gleichen Abstand zu einem Zentrum (Koordinatenursprung des X-Y-Koordinatensystems) gegenüber. Jeder MR-Streifenleiter kann aus einem oder mehreren magnetoresistiven Streifen bestehen.

Vorzugsweise ist jeder MR-Streifenleiter mit schmalen Streifen aus elektrisch gut leitfähigem Material (Barberpole) versehen, die üblicherweise in einem Winkel  $\alpha$  von  $\pm 45$  Grad zur Längsrichtung der MR-Streifenleiter angeordnet sind. Die MR-Streifenleiter haben eine Vormagnetisierung in einer Magnetisierungsrichtung, die in Längsrichtung der MR-Streifenleiter ausgerichtet ist.

Die Vormagnetisierung wird in einem ersten Fall durch ein von außen angelegtes magnetisches Feld durch einen an dem Substrat angeordneten Permanentmagneten oder durch eine in der Nähe des Substrates angeordnete stromdurchflossene Spule erzeugt, wobei die Feldlinien in paralleler Richtung zu der Magnetisierungsrichtung der jeweiligen MR-Streifenleiter verlaufen. Die Vormagnetisierung wird in einem zweiten Fall durch eine auf der Sensorfläche integrierte Vorfeld-

Spule oder eine in das Substrat integrierte Spule (z. B. durch LIGA-Verfahren) hergestellt.

Die Vormagnetisierung wird in einem dritten Fall durch eine in die MR-Streifenleiter bei deren Herstellung und Strukturierung eingeprägte Magnetisierung hergestellt.

Vorzugsweise ist eine Auswerteschaltung mit den Wheatstone-Brücken auf dem Substrat integriert. Auf dem Substrat ist weiterhin ein weiterer MR-Streifenleiter zur Kompensation der Temperaturdrift angeordnet.

Der Positionsindikator erzeugt in einem ersten Fall selbst ein permanentmagnetisches oder elektromagnetisches Feld, welches auf die MR-Streifenleiter einwirkt.

Der Positionsindikator besteht in einem zweiten Fall aus einem ferromagnetischen Material. In dem Substrat oder in der Nähe des Substrates ist ein Magnet angeordnet, dessen Magnetisierung in Richtung senkrecht zur Substratoberfläche liegt. Der ferromagnetische Positionsindikator wirkt auf die Richtung der Feldlinien ein, was von den MR-Streifenleitern registriert wird.

Der Positionsindikator ist in einem ersten Fall in einem Abstand von der X-Y-Ebene parallel zu dieser Ebene linear bewegbar. In dieser Form ist eine Positions- und Nullpunktmessung durchführbar.

Zur Messung in X-Y-Richtung sind mindestens zwei Wheatstone-Brücken um das Zentrum angeordnet, wobei die Halbbrücken verschiedener Wheatstone-Brücken gegeneinander einen definierten Winkel  $\gamma$  bilden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht durch die Anwendung eines neuartigen Prinzips zur Nullpunktmessung eine Genauigkeitssteigerung. Neben der exakten Nullpunkt-Bestimmung wird eine lineare Abstandsinformation des Positionsindikators zum Nullpunkt geliefert. Der Nullpunkt wird durch den Herstellungsprozeß des Sensors vorgegeben und unterliegt keinen zeitlichen Veränderungen. Durch den kleinen Aufbau der Sensoren ist das Temperaturverhalten in allen MR-Streifenleitern gleich.

Der Positionsindikator ist in einem zweiten Fall in einem Abstand von der X-Y-Ebene um Achsen parallel zu dieser Ebene kippbar um einen Drehpunkt gelagert. Diese Ausführung realisiert die Funktion eines Joysticks.

Der Positionsindikator ist in einem dritten Fall in einem Abstand von der X-Y-Ebene um die Z-Achse in einen Drehpunkt gelagert. Diese Ausführung realisiert die Funktion eines Drehwinkel- oder Drehzahlgebers.

Die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung als Joystick und als Drehwinkel- und Drehzahlgeber liefert einfach aufgebaute, robuste Baugruppen, die einen minimalen Justieraufwand erfordern.

Die Erfindung wird an Hand von Beispielen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 Grundprinzip (Messung in einer Raumrichtung),

Fig. 2 Anordnung eines Sensors mit Auswerteschaltung auf dem Substrat,

Fig. 3 Zweifach-Anordnung für Messung in X-Y-Richtung,

Fig. 4 Zweifach-Anordnung mit integrierter Spule,

Fig. 5 Vierfach-Anordnung ohne Leitungsbrücken,

Fig. 6 Vorrichtung mit Magnet oder Spule als Positionsindikator,

Fig. 7 Vorrichtung mit ferromagnetischem Positionsindikator und Zusatzmagnet,

Fig. 8 Verwendung der Anordnung als Joystick,

Fig. 9 Verwendung der Anordnung als Drehwinkel- und Drehzahlgeber.

Gemäß Fig. 1 sind auf einem Substrat 1 vier mit Leitbahnen 2 verbundene MR- (magnetoresistive) Streifenleiter 3 aufgebracht und bilden eine Wheatstone-Brücke. Die Wheatstone-Brücke ist mit Hilfe einer Widerstandsabgleichfläche 11 abgleichbar. Jeweils zwei MR-Streifenleiter 3 liegen mit ihren Längsseiten in einem engen Abstand parallel nebeneinander. Die zwei MR-Streifenleiterpaare sind spiegelsymmetrisch zu einer Y-Achse entlang einer X-Achse angeordnet. Dabei hat das Vorfeld der Streifenleiter eine Magnetisierungsrichtung 9, die der Richtung ihrer Längsausdehnung (X-Richtung) entspricht. Die Leitbahnen 2 verschalten die vier MR-Streifenleiter 3 so, daß eine Wheatstone-Brücke realisiert wird.

Die Betriebsspannung wird an die Anschlüsse a1 und a2 angelegt. An den Anschlüssen a3 und a4 wird das Meßsignal abgenommen und einer Auswerteschaltung zugeführt.

Die MR-Streifenleiter 3 enthalten Barberpole 10 für die Realisierung einer linearen Abhängigkeit des Widerstands der MR-Streifenleiter 3 vom äußeren Magnetfeld.

Mit Hilfe dieser Anordnung wird die Position eines in der unmittelbaren Umgebung des Koordinatenursprunges in einem Abstand z von der Substratoberfläche (X-Y-Ebene) befindlichen Positionsindikators 4 in einer Raum-Richtung, der X-Richtung gemessen.

Fig. 2A stellt eine Zweifach-Anordnung und Fig. 2B stellt eine Vierfach-Anordnung dar. Auf das Substrat 1 sind die Halbbrücken 13, der MR-Streifenleiter 3 zur Kompensation der Temperaturdrift 7 und die Auswerteschaltung 5 angeordnet. Eine Verdrahtung 14 stellt die elektrischen Verbindungen zwischen den Halbbrücken 13 und der Auswerteeinheit 5 her.

Die Zweifach-Anordnung nach Fig. 3, bei der zwei Wheatstone-Brücken, die jeweils aus vier MR-Streifenleitern 3 aufgebaut sind, um 90 Grad versetzt in der X-Y-Ebene angeordnet sind, liefert Meßergebnisse über die Position des Positionsindikators 4 in X-Richtung und in Y-Richtung. Die Anschlüsse a3 und a4 liefern ein Meßsignal für die X-Richtung. Die Anschlüsse a5 und a6 liefern ein Signal für die Y-Richtung.

In Fig. 4 ist eine zusätzlich auf das Substrat 1 aufgebrachte oder in das Substrat 1 integrierte Vorfeld-Spule 6 schematisch dargestellt. Die Vorfeld-Spule 6 dient dem Einprägen der inneren Magnetisierung der MR-Streifenleiter 3 und/oder der Erzeugung des Vorfeldes in dem MR-Streifenleiter 3. Die Betriebsspannung wird an die Anschlüsse a1 und a2 angelegt.

Fig. 5 zeigt eine Vierfach-Anordnung, deren Layout nur eine Isolationsschicht zwischen der integrierten Vorfeld-Spule 6 und den Leitbahnen 2 der MR-Streifenleiter 3 des Sensors erfordert. In der Ebene des Sensors sind keine Leiterkreuzungen notwendig. Dies ist für eine kostengünstige Herstellung des Sensors vorteilhaft.

Fig. 6 zeigt die Vorrichtung mit einem Magnet oder Spule als Positionsindikator 4. Magnetfeldlinien 12 des Positionsindikators 4 durchdringen die aus MR-Streifenleitern 3 bestehenden Halbbrücken 13.

Fig. 7 zeigt die Vorrichtung mit einem Positionsindikator 4 aus ferromagnetischem Material und Zusatzmagnet 8. Die Feldlinien 12 des von dem Zusatzmagneten 8 erzeugten Feldes verlaufen senkrecht zu der Substratoberfläche (X-Y-Ebene). Durch den Positionsindikator 4 aus ferromagnetischem Material wird die Richtung der Feldlinien 12 verändert. Diese Veränderungen werden durch die aus den MR-Streifenleitern 3 bestehenden Halbbrücken 13 registriert.

Fig. 8 zeigt eine Anwendung der Vorrichtung als Joystick mit Maßangaben. Über einer Sensoranordnung nach Fig. 7 oder Fig. 8 befindet sich ein Positionsindikator 4, dessen Drehpunkt 15 sich über dem Zentrum des X-Y-Z-Koordinatensystems befindet. Eine Bewegung des Positionsindikators 4 in X- oder Y-Richtung erzeugt eine lineare Ausgangsspannung in den entsprechenden Brücken. Diese Anordnung liefert bei einer entsprechenden Auswertung der Ausgangsspannungen die Funktion eines Joysticks.

Fig. 9 zeigt die Vorrichtung als Drehwinkel- und Drehzahlgeber. Die Maße entsprechen denen der Fig. 8. Über einer Sensoranordnung nach Fig. 6 oder Fig. 7 befindet sich ein Positionsindikator 4, dessen Drehpunkt 15 sich parallel zur X-Y-Ebene über dem Zentrum des X-Y-Z-Koordinatensystems befindet. Durch Drehung um die Z-Achse wird in einer Wheatstone-Brücke ein Winkel von  $\pm 45^\circ$  detektiert. Bei einer Anordnung von mindestens zwei Wheatstone-Brücken wird der Winkelbereich von  $360^\circ$  abgedeckt. Diese Anordnung ist als Drehwinkel- und Drehzahlgeber bis zu hohen Frequenzen einsetzbar.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Substrat
- 2 Leitbahn
- 3 MR-Streifenleiter
- 4 Positionsindikator
- 5 Auswerteschaltung
- 6 Vorfeld-Spule
- 7 MR-Streifenleiter zur Kompensation der Temperaturdrift
- 8 Zusatzmagnet
- 9 Vormagnetisierung
- 10 elektrische Kurzschlüsse (Barberpole)
- 11 Widerstandsabgleichfläche
- 12 Feldlinien
- 13 Halbbrücke
- 14 Verdrahtung
- 15 Drehpunkt
- a1, a2, Betriebsspannung
- a3, ..., an Meßsignale
- s1, s2 Anschluß für integrierte Spule
- $\alpha, \gamma$  Winkel
- X, Y, Z Koordinaten.

#### Patentansprüche

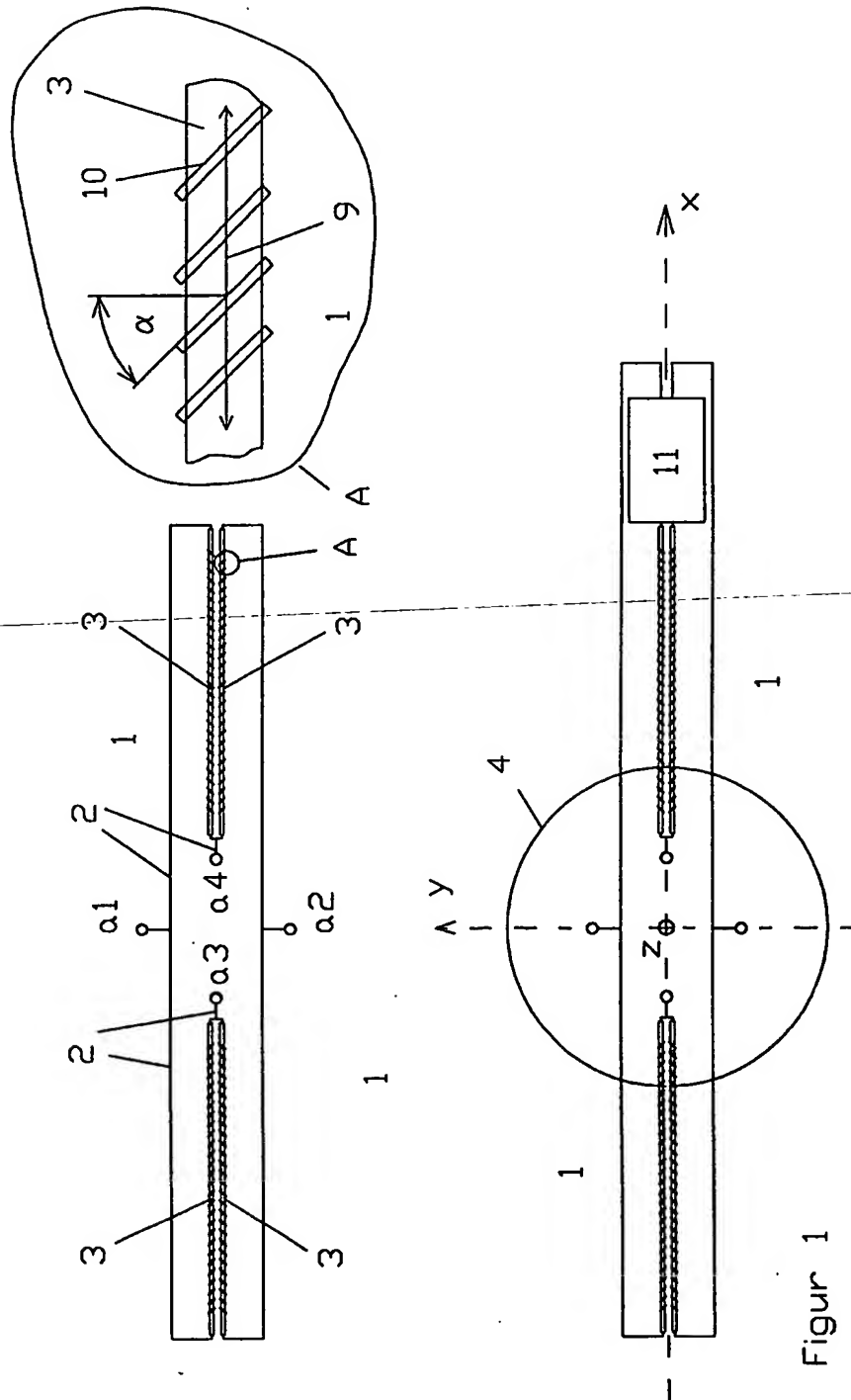
1. Vorrichtung zur berührungslosen Nullpunkt-, Positions- und Drehwinkelmessung, bestehend aus einem Substrat (1) mit flächig verteilten MR- (magnetoresistiven) Sensoren (3), die vorzugsweise mit einer Auswerteschaltung (5) auf dem Substrat (1) verbunden sind und mit einem magnetischen Positionsindikator (4), der über der Sensorfläche (X-Y-Ebene) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß

- vier MR-Streifenleiter (3) eine Wheatstone-Brücke bilden, wobei
- zwei MR-Streifenleiter (3) jeweils eine Halbbrücke (13) bilden, und
- diese zwei MR-Streifenleiter (3) mit ihren Längsseiten eng parallel aneinander, symmetrisch zu einer Achse liegen und sich
- die zwei Halbbrücken (13) um  $180^\circ$  Grad in einem gleichen Abstand zu einem Zentrum (Koordinatenursprung des X-Y-Z-Koordinatensystems) befinden.

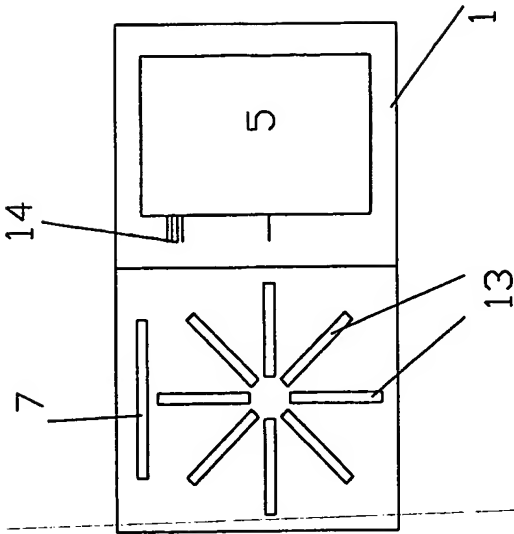
- tensystems) gegenüberliegen und der Positionsindikator (4) im Raum bewegbar ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der MR-Streifenleiter (3) aus einem oder mehreren magnetoresistiven Streifen besteht. 5
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der MR-Streifenleiter (3) mit elektrischen Kurzschlüssen (Barberpole) (10) versehen sind, die in einem Winkel ( $\alpha$ ) von  $\pm 45$  Grad zur Längsrichtung der MR-Streifenleiter (3) angeordnet sind. 10
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die MR-Streifenleiter (3) eine Vormagnetisierung (9) haben, die in Längsrichtung der MR-Streifenleiter (3) ausgerichtet ist. 15
5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vormagnetisierung (9) durch ein von außen angelegtes magnetisches Feld erzeugbar ist, wobei die Feldlinien (12) in paralleler Richtung zur Längsrichtung der jeweiligen MR-Streifenleiter (3) verlaufen. 20
6. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vormagnetisierung durch eine auf der Sensorfläche integrierte Vorfeld-Spule (6) oder eine in das Substrat (1) integrierte Spule (z. B. durch LIGA-Verfahren) erzeugbar ist. 25
7. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vormagnetisierung durch eine in die MR-Streifenleiter (3) bei deren Herstellung und Strukturierung eingeprägte Magnetisierung realisierbar ist. 30
8. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (1) eine geeignete Auswerteschaltung (5) und eine Widerstandsabgleichfläche (11) integriert ist. 35
9. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (1) ein weiterer MR-Streifenleiter zur Kompensation der Temperaturdrift (7) angeordnet ist.
10. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsindikator (4) ein permanentmagnetisches oder elektromagnetisches Feld erzeugt oder daß der Positionsindikator (4) aus einem ferromagnetischen Material hergestellt ist und in dem Substrat (1) oder in der Nähe des Substrates (1) ein Magnet (8) angeordnet ist, dessen Magnetisierung in Richtung senkrecht zur Substratoberfläche (1) liegt. 45
11. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Wheatstone-Brücken um das Zentrum angeordnet sind, wobei die Halbbrücken (13) verschiedener Wheatstone-Brücken gegeneinander einen definierten Winkel ( $\gamma$ ) von kleiner oder /gleich 90 Grad bilden. 50
12. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsindikator (4) in einem Abstand von der X-Y-Ebene parallel zu dieser Ebene linear bewegbar ist. 55
13. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsindikator (4) in einem Abstand von der X-Y-Ebene um Achsen parallel zu dieser Ebene kippbar um einen Drehpunkt (15) gelagert ist. 60
14. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Positionsindikator (4) in einem Abstand von der X-Y-Ebene um die Z-Achse in einen Drehpunkt (15) gelagert ist. 65

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

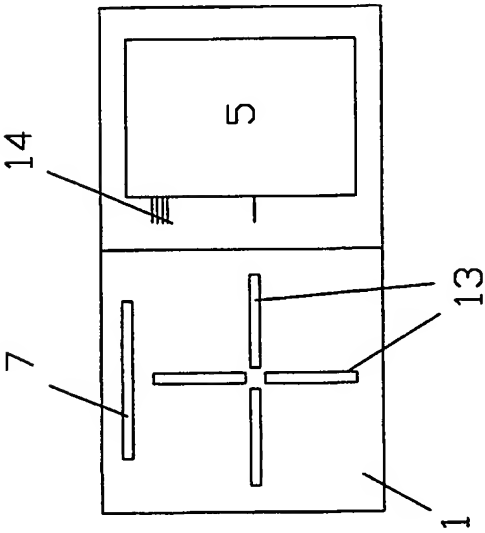
**- Leerseite -**



Figur 1



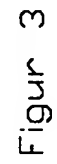
B

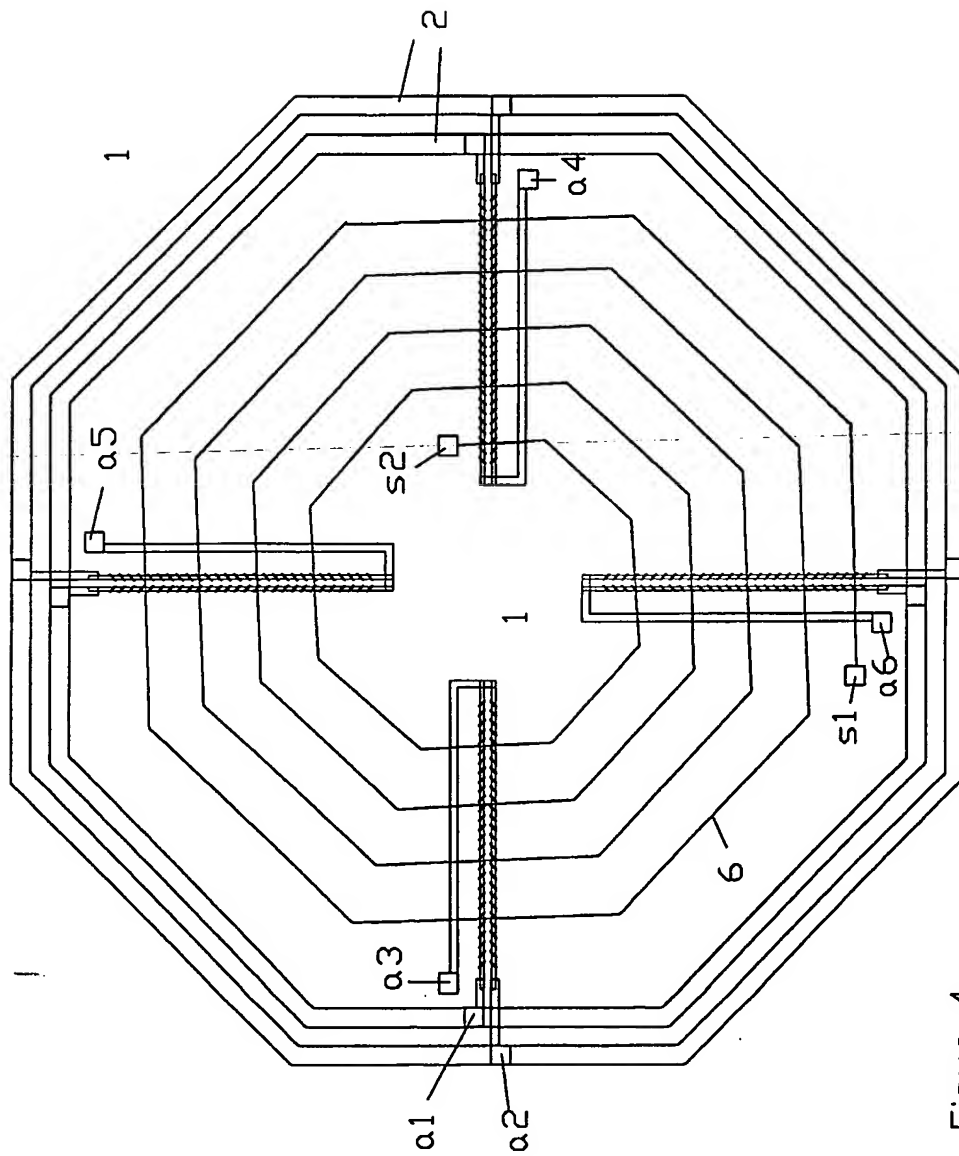


A

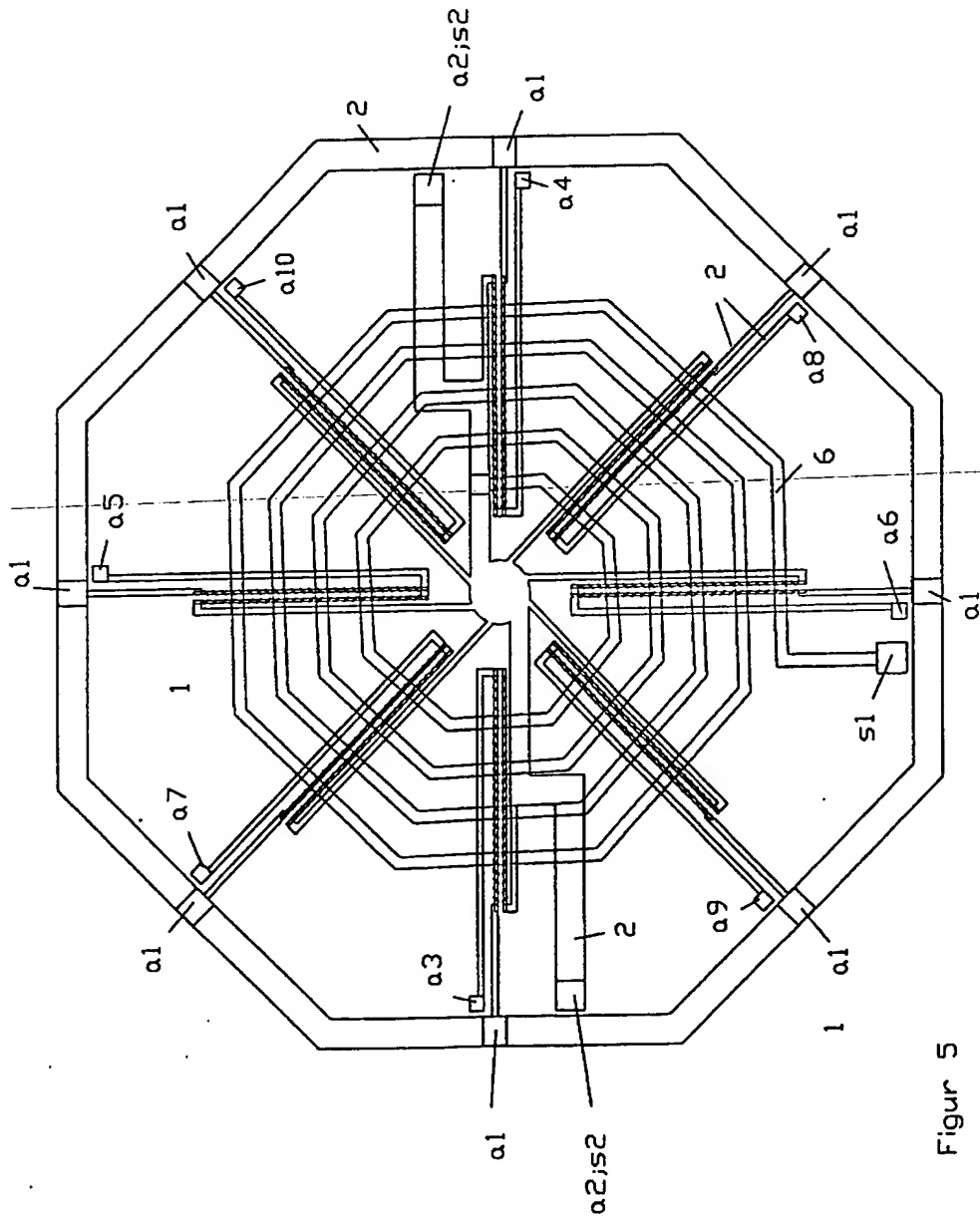
Figur 2



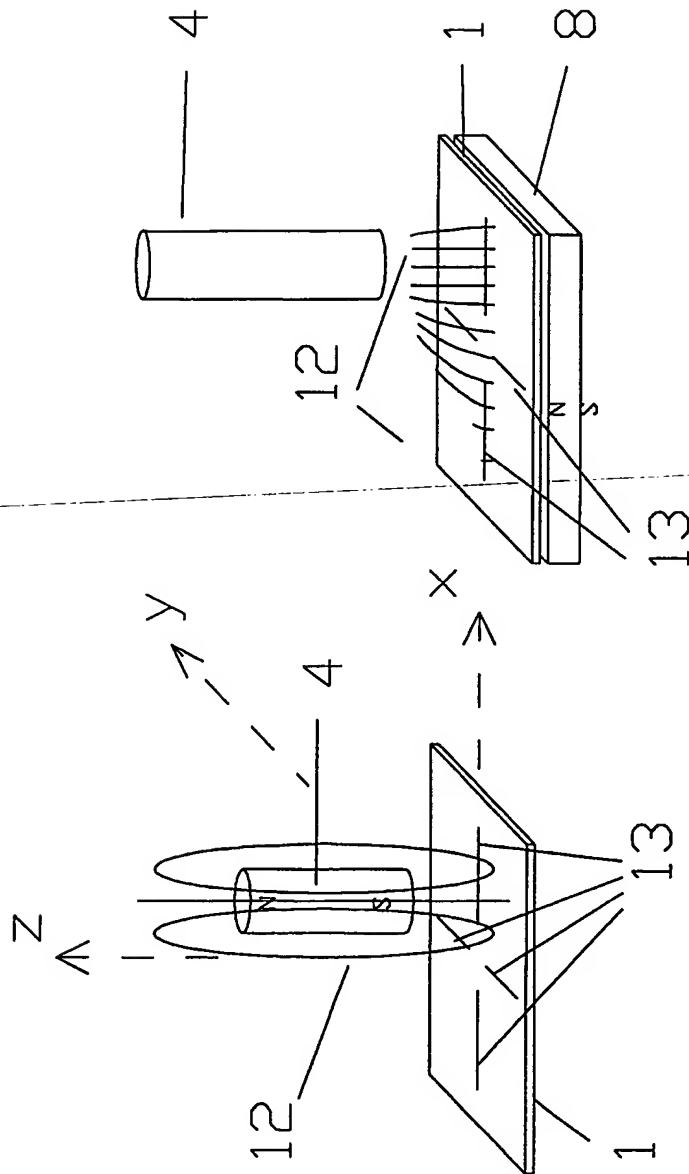




Figur 4

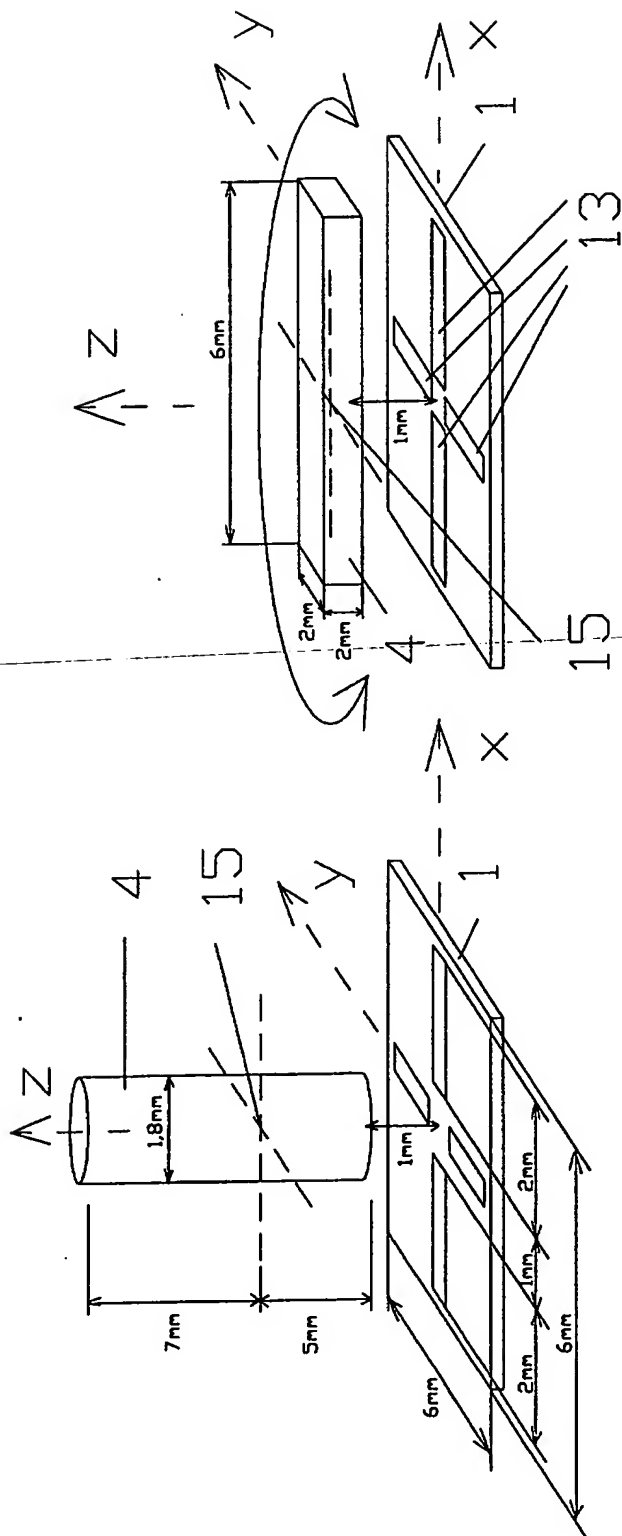


Figur 5



Figur 7

Figur 6



Figur 9

Figur 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**